

Jens Soentgen:

Phänomenologische Untersuchungen zum Stoffbegriffs

In: *chimica didactica. Zeitschrift für Didaktik der Chemie.*
25. Jg., Heft 3, Nr. 81 (1999). S. 197-221

Phänomenologische Untersuchungen zum Stoffbegriff

von

Jens Soentgen

Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, Brasilien

Zusammenfassung¹

Eine phänomenologische Untersuchung des Stoffbegriffs führt zur Unterscheidung zwischen »Präparaten« und »Stoffen«: »Präparate« sind »denaturierte« Stoffe von reduzierter Komplexität verglichen z.B. mit Naturstoffen; sie lassen sich in der Regel durch präzise Formeln kennzeichnen. »Stoffe« werden in dem folgenden Text phänomenologisch durch 6 Sätze beschrieben: (1) Stoffe sind portionierbar, (2) Stoffe sind Gebilde, (3) Stoffe sind materiell, (4) Stoffe kommen vor, (5) Stoffe sind natürliche Arten und (6) Stoffe haben Neigungen. Durch diese Definition sind Stoffe hinreichend von Nichtstoffen unterschieden.

»Stoffe« sind dem ähnlicher, was man als »organische Natur« bezeichnet, als man gemeinhin meint. – Der Beitrag kann als Anfang einer phänomenologischen Rekonstruktion der chemischen Grundbegriffe gesehen werden, die in Richtung stofflicher Prozesse fortgeführt werden müsste.

Abstract

Phenomenological investigation of the concept of »substance« leads to distinguishing between »[chemical] reagents« and »material substances«: »reagents« are »denaturated« substances and of less complexity as compared to »natural substances«. As a rule they are characterized by precise formulae. In order to distinguish »[material] substances« from non-substances a set of 6 descriptors appears to be sufficient: (1) Substances can be portioned, (2) they are formations, (3) they are material, (4) they occur, (5) they are natural species and (6) they have tendencies. Substances appear to be more related to what is called »organic nature« than usually is taken for granted. – This contribution can be regarded as set off to a more elaborate reconstruction of basic concepts in chemistry, for instance »material change«.

Chemiker sind routiniert in der Kunst, Stoffe zu beschreiben und zu definieren; manche sind sogar in der Lage, die kompliziertesten Strukturformeln »aus dem Effeff« herunterzurasseln, daß man nur staunen kann. Wenn man aber nicht nach diesem oder jenem Stoff, sondern nach dem Stoff als solchem fragt, dann geraten die meisten ins Stocken. Man wird ratlos angesehen. Welche Eigenschaften sind allen Stoffen gemeinsam? Wenn man die Frage so

¹ Der folgende Text ist eine inhaltlich überarbeitete und weiterentwickelte Version des Textes »Marmor, Stein und Isopropylalkohol«, der in meinem Buch »Splitter und Scherben – Essays zur Phänomenologie des Unscheinbaren«, (Soentgen 1998) abgedruckt ist.

stellt, erhält man in der Regel sehr unbefriedigende Antworten. Die einen sind allzu konkret. Nun gut, so heißt es dann, alle Stoffe haben eine bestimmte Dichte, einen bestimmten Schmelzpunkt und außerdem haben sie alle eine chemische Formel. Andererseits bekommt man es auch oft mit Antworten zu tun, die allzu abstrakt sind. Ein Beispiel ist die Definition in Römpps Chemielexikon, 9. Aufl. 1989ff, Thieme, Stuttgart, (Stichwort »Stoff«). Hier wird auf die Frage, wie der Stoffbegriff zu definieren sei, folgende Antwort gegeben:

«In der Chemie Bez. für jede Art von Materie, d.h. die Erscheinungsarten, die gekennzeichnet sind durch ihre gleichbleibenden charakterist. Eigensch., unabhängig von der äußeren Form.» (Sp. 4322).²

Diese Antwort ist so abstrakt, daß sie unverständlich ist. Der Hauptsatz sagt vollmundig: »Stoff = Bezeichnung für jede Art von Materie«, während der Nebensatz eine Einschränkung hinterherschleift: offensichtlich doch nicht »jede Art«, sondern nur diejenigen »Erscheinungsarten, die gekennzeichnet sind durch ihre gleichbleibenden charakteristischen Eigenschaften, unabhängig von der äußeren Form.« Ja, was denn nun? Stoff gleich Materie oder Stoff ungleich Materie? Auch sonst ist die Definition wenig informativ, denn daß gewisse Objekte in der Welt durch gewisse gleichbleibende Eigenschaften gekennzeichnet sind, das gilt nicht nur von Stoffen, sondern von allen Gegenständen, die man überhaupt identifizieren kann.

Es ist die Aufgabe des Chemikers, sich mit diesen und jenen Stoffen zu befassen. Wenn sie mit der Frage, was denn Stoffe als solche sind, wenig anfangen können, und beim Versuch, darauf zu antworten, ein wenig in Schwierigkeiten geraten, dann liegt das daran, daß es sich hier um eine philosophische Frage handelt. Sie kann auch nur mit philosophischem Handwerkszeug beantwortet werden. Die Antwort auf die Frage »Was sind Stoffe?« hat keine unmittelbare Relevanz für die chemische Forschungspraxis. Sie ist nicht relevant für die Entscheidung zwischen irgendwelchen Theorien. Gleichwohl ist sie für das Verständnis der Chemie von erheblicher Bedeutung.

² Diese Formulierung findet sich übrigens schon in der von ÜHLEIN besorgten Ausgabe von 1969. Fast die gleiche Formulierung steht auch im großen Brockhaus von 1957, auch im großen Brockhaus von 1973, und im Brockhaus Naturwissenschaften und Technik, Bd. 5 1983. Im großen Brockhaus von 1993 liest man eine in gleiche Richtung zielende, aber syntaktisch begründete und mit weiteren Informationen angereicherte Version. Frühere Brockhaus-Ausgaben (1836, 1895, 1934) erwähnen übrigens nur die Stoffbegriffe der Nationalökonomie, der Philosophie, der Papierfabrikation und der Textilindustrie, erklären aber nicht, was Chemiker unter diesem Wort verstehen. Zur Entschuldigung der Lexikon-Autoren mag man anführen, daß es nicht einmal dem einschlägigen DIN-Normungsausschuß gelungen ist, den Stoffbegriff zu definieren. Vielmehr mußte er expressis verbis feststellen, daß der Begriff »Stoff« »nicht normierungsfähig« ist (Busemann 1996, S. 54).

Man sollte daher meinen, daß man vielleicht bei Wissenschaftstheoretikern einige Auskünfte über den Stoffbegriff erhalten kann. Tatsächlich ist die Beschäftigung mit dem Stoffbegriff ein Geschäft, in dem es wenig Konkurrenz gibt. Das liegt daran, daß die Chemie – anders als die Physik oder die Biologie – der Aufmerksamkeit der Wissenschaftstheoretiker und der Philosophen fast völlig entgangen ist. (Auf Nikos Psarros' kürzlich erschienene Konstruktion der chemischen Grundbegriffe (Psarros 1999) – im Sinne einer Protochemie – konnte in dem vorliegenden Text nicht mehr eingegangen werden.) Mit der Akzeptanzkrise der Chemie ist jedoch etwa seit 1992 auch das Interesse an der Philosophie der Chemie gewachsen.³

Im folgenden möchte ich einen Vorschlag für einen phänomenologischen Stoffbegriff skizzieren. Dazu ist es erforderlich, zunächst auf einen bestimmten Typ von Stoffen einzugehen, der sich heute sehr aufdrängt, nämlich die Präparate. Präparate sind bearbeitete Stoffe. Sie stehen heute im Vordergrund, weil sich die Chemie, die für die verbindliche Beschreibung von Stoffen zuständig zu sein behauptet, fast ausschließlich mit Präparaten befaßt. Alle Präparate sind Stoffe, aber nicht alle Stoffe sind Präparate. Es ist wichtig, sich die Besonderheiten der Präparate vor Augen zu führen, ehe man einen Stoffbegriff entwickelt, weil man anderenfalls leicht Gefahr läuft, einige Eigenschaften, die nur für Präparate typisch sind, nicht aber für die übrigen Stoffe, vorschnell zu verallgemeinern.

1. Was ist ein Präparat?

Wer ein chemisches Laboratorium betritt und sich die Substanzen ansieht, die im Regal stehen, wird dort kaum einen Stoff wiederfinden, der ihm aus dem Alltag bekannt ist. Vielleicht wird er zwischen n-Butanol und Isopropylalkohol ein Fläschchen entdecken, auf dem »Wasser« steht. Aber Vorsicht! Denn Wasser ist mitnichten darin, sondern eine Substanz, die richtiger »Demineralisiertes Wasser« oder eben »Destilliertes Wasser« heißt, und die zu trinken keineswegs gesund ist.

Wenige Stoffe, mit denen Chemiker umgehen, werden der Natur entnommen, die meisten Chemikalien werden aus anderen Substanzen synthetisiert. Die einzige halbwegs natürliche Substanz, die in allen Chemielaboratorien zu finden ist, ist tatsächlich das Wasser, aber auch dieses wird nicht so verwendet, wie es aus der Leitung oder gar aus der Quelle kommt, sondern es wird zuvor im Ionentauscher entionisiert. Die Chemiker haben es mit *Präparaten* zu tun, nicht mit Stoffen schlechthin.

³ Vgl. Mittelstraß & Stock (1992): Chemie und Geisteswissenschaft – Versuch einer Annäherung, Psarros, Ruthenberg & Schummer (1996): Philosophie der Chemie – Bestandsaufnahme und Ausblick, sowie die von Joachim SCHUMMER neugegründete Internationale Zeitschrift für Philosophie der Chemie HYLE, (vgl. hierzu die Rezension in chimica didactica 24 (1998), S. 222-225).

Präparate sind denaturierte Stoffe, Alter und Herkunft spielen keine Rolle, sie sind rein, homogen, von konstanter Zusammensetzung, also Stoffe, deren Komplexität reduziert wurde. Weil die Komplexität dieser Substanzen im Verlauf einer aufwendigen Bearbeitung reduziert wurde, lassen sich für sie präzise Formeln angeben. Und solche Formeln lassen sich umgekehrt angeben, weil die Stoffe selbst präzise sind (präzise kommt von lat. *praecidere* = abschneiden⁴).

Die Chemie hält sich zwar für eine Naturwissenschaft, doch eigentlich ist das einigermaßen merkwürdig, da sie es doch überwiegend mit Kunstprodukten zu tun hat. Darauf hat schon vor ziemlich genau einhundert Jahren der Chemiker Franz WALD hingewiesen:

»... ich kann meine Ansicht über die Natur der chemischen Verbindungen nicht besser kennzeichnen, als wenn ich alle die chemischen Präparate als eine wohl wunderbar reichhaltige, schöne und nützliche Sammlung, aber doch nur als eine Raritätensammlung betrachte, welche ein nur unvollständiges, teilweise sogar verzerrtes Bild der Natur liefert.«

Wir Chemiker haben uns in unser Raritätenkabinett von Präparaten so eingelegt, dass wir alle Stoffe als Mischungen desselben betrachten. Es wird uns schwer, sich mit dem Gedanken zu befreunden, dass diese (oft mit viel Mühe und Sorge hergestellten) Präparate im Haushalt der Natur keine höhere Bedeutung haben sollten, als das Rohmaterial, aus welchem wir sie gewonnen haben: es ist schmerzlich, wenn sich der Chemiker eingestehen soll, dass der Wert dieser Präparate ein rein subjektiver ist, und dass sie uns nur deshalb bei der Erforschung der Natur gute Dienste geleistet haben, weil sie uns eine Unzahl weiterer Fragen auf eine Zeit lang vergessen liessen.« (Wald 1896, S. 616f.)

Eine ähnliche Auffassung wurde schon in 1854 von dem französischen Chemiker Auguste LAURENT formuliert: *«La chimie d'aujourd'hui est devenue la science des corps qui n'existent pas.»*⁵ – Die moderne Chemie ist die Lehre von den Stoffen, die es nicht gibt. Den Unterschied zwischen den simplifizierten Präparaten und den natürlichen Stoffen kann man sich gut an denjenigen Stoffen verdeutlichen, mit denen die Kunst arbeitet: an den Malpigmenten. Noch vor zweihundert Jahren war es üblich, daß Künstler das Ausgangsmaterial für ihre Pasten selbst herstellten, indem sie die entsprechenden Minerale wie Malachit oder Lapislazuli fein verrieben und anschließend mit dem Bindemittel verrührten. Heute werden die Farbpigmente industriell gefertigt. Damit ging, wie die Künstlerin Anita ALBUS in ihrer Studie über die Technik des Jan van Eyck gezeigt hat, auf der einen Seite eine Bereicherung der Farbpalette einher. Auf der anderen Seite trat aber auch eine erschreckende Nivellierung ein. Denn die optischen Eigenschaften der in indu-

⁴ BUCK (1990, 1996) hebt »exakt« von »präzis« ab: »präzis« (von lat. *praecidere*, abschneiden) hebt auf alles Abstrahierende, Fokussierende, Mathematisierende ab, während »exakt« (von lat. *exactus*, genau, vollkommen ausgeführt) auf umfassenden, charakterisierenden, ausführlich deskriptiven Zugriff setzt.

⁵ Auguste LAURENT, *Méthode de la chimie*, zitiert nach Gaston BACHELARD (1972, S. 22).

strieller Fertigung produzierten Farbpigmente sind gegenüber den aus natürlichen Mineralien gewonnenen extrem reduziert. Über den Effekt schreibt Anita ALBUS:

»Im Vergleich zur heutigen Zeit standen [zu van Eycks Zeiten] nur wenige Farben zur Verfügung, aber neben den komplexen Systemen ihrer Verwendung im 15. Jahrhundert nehmen sich unsere Techniken wie Kinderspiele aus. Wir haben vergessen, was jeder Schmetterling »weiß«: die optische Wirkung der Farben wird durch das Zusammenspiel von Ton und Körper erzeugt. Der Farbton ist das eine, etwas anderes Gestalt und Struktur der Farbe. Jedes Pigment hat einen anderen Körper, der das Licht auf unterschiedliche Weise bricht, zurückwirft und schluckt. Der Blauton von künstlichem Ultramarin, das seit 1830 industriell hergestellt wird [...] erzeugt mit seinen kleinen rundlichen Kristallen eine gleichmäßig geschlossene blaue Fläche, während das kostspieligste aller Pigmente, das echte Ultramarin mit seinen großen irregulären Kristallen von unterschiedlicher Transparenz und den natürlichen Einsprengeln von Calcit, Pyrit, Glimmer und Quarz als flimmerndes Firmament erscheint.« (Albus 1997, S. 70f.)

Die Farbpigmente sind Paradebeispiele für technisch produzierte Stoffe, für Präparate mit anderen Worten. Ihre Struktur ist deshalb so standardisiert, weil sie auf diese Weise den Bedürfnissen der Lack- und Farbindustrie optimal entgegenkommt. Weil ihre Konstitution bereinigt ist, lassen sie sich besser weiterverarbeiten als die natürlich vorkommenden Stoffe.

Generell läßt sich sagen: Die Präparate waren und sind für die Entwicklung der Chemie von hoher Bedeutung, ähnlich wie die Idealisierungen in anderen Wissenschaften, ähnlich wie die Billardtischszenarios für die Physik oder die behüteten Erbsen eines Klostersgartens für die Biologie. Wenn es jedoch darum geht, die Grundlagenfrage nach dem Stoffbegriff zu stellen, darf man sich nicht nur an Idealisierungen orientieren. Man muß auf die natürlichen Stoffe zurückgehen, auf Holz, Erde, Sand, Hausstaub usw. und versuchen, den Stoffbegriff an diesen Beispielen zu eichen. Anderenfalls besteht die Gefahr, daß man ein Bild von Stoffen entwickelt, das zu stark vereinfacht. Verbreitete Meinungen über Stoffe, wie etwa die Theorien, daß Stoffe Abstraktionen seien, daß sie durch Formeln beschreibbar seien, daß sie nie alt werden, daß sie die festen Elemente seien, aus denen sich das Naturgeschehen zusammensetzt – alle diese Ansichten lassen allzudeutlich durchblicken, daß man einzig an gewissen Schwundformen Maß genommen hat. Und noch dazu oberflächlich – denn wenn man sorgfältig prüft, lassen sich die zitierten Gedanken nicht einmal an Präparaten verifizieren. Aber immerhin: die gestylten Stoffe des Chemielabors gewähren solchen Ideen einen nicht zu unterschätzenden Vorschub.

Um Verkürzungen und Fehleinstellungen zu vermeiden, habe ich versucht, auf phänomenologischer Grundlage einen Stoffbegriff zu formulieren, der nicht an den Präparaten der Chemie sein Maß nimmt, sondern an natürlichen Stoffen. Da die Präparate durch Reinigung und Umbildung aus diesen Stoffen hervorgegangen sind, wird die Definition auch auf diese zutreffen.

Außer dem genannten haben noch folgende methodische Prinzipien die Untersuchung geleitet:

- Die Definition sollte möglichst ohne Verwendung von disziplinspezifischen Fachtermini gebaut sein, da sie sonst außerhalb der betreffenden Disziplin nicht anschlussfähig ist. Mit anderen Worten: Sie sollte mit möglichst einfachen, muttersprachlichen Wörtern gearbeitet sein.
- Die Definition kann nicht nach dem scholastischen Muster »obere Gattung + spezifische Differenz« formuliert werden, da diese Definitionsform ein allgemein akzeptiertes Weltbild voraussetzt, welches die obere Gattung liefert. Ein solches gibt es nicht mehr. Daher scheint es angemessen, das anspruchlosere Verfahren der beschreibenden Definition zu versuchen (*definitio descriptiva*), das einfach darin besteht, daß man so viele Merkmale der zu definierenden Sache aufzählt, bis die Definition scharf ist. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß der Sinn des zu definierenden Wortes mit mehreren Halterungen stabilisiert werden kann, während bei der scholastischen Methode, bildlich gesprochen, alles an einem einzigen Nagel hängt.

2. Was sind Stoffe?

Um den Stoffbegriff zu definieren, muß man sich fragen: Welche elementaren Charakteristika kenne ich, die alle Stoffe haben (und zwar auch solche Stoffe, die nicht in Chemielabors zu finden sind)? Die Antwort darauf findet man nicht durch Experimentieren. Falsch wäre es auch, die modernsten physikalischen Theorien solange durcheinanderzurühren, bis eine neue Größe entsteht, die man dann als den gesuchten Begriff identifizieren kann.

Sondern es geht um ein Sammeln von Kriterien, die einen bestimmten, alltäglichen Gegenstandstyp von anderen abgrenzen, indem sie ihn beschreiben. Bemühungen dieser Art bezeichnet man traditionell als Phänomenologie.

Die phänomenologische Methode ist, kurz gesagt, dadurch gekennzeichnet, daß sie sich zum einen an leicht zugängliche Erscheinungen hält, und in ihrer Beschreibung auf Hypothesen über unsichtbare Gegenstände (z.B. Atome und Moleküle) verzichtet. Dieses simple Verfahren erzeugt außerordentlich robuste Beschreibungen. Es hat sich in den verschiedensten naturwissenschaftlichen und geisteswissenschaftlichen Disziplinen bewährt, und zwar gerade dort, wo Anfangsbeschreibungen für Theoriebildungen gesucht werden.

Meinen Vorschlag kann ich in sechs Sätzen zusammenfassen:

- (1) Stoffe sind portionierbar
- (2) Stoffe sind Gebilde

- (3) Stoffe sind materiell
- (4) Stoffe kommen vor
- (5) Stoffe sind natürliche Arten
- (6) Stoffe haben Neigungen

Ich erläutere diese Sätze, die den Stoffbegriff stabilisieren, der Reihe nach.

2.1 Stoffe sind portionierbar

Es gehört zu den bekanntesten Eigentümlichkeiten von Stoffen, daß sie sich portionieren lassen. So weit, so klar. Aber was heißt das eigentlich? Was ist eine Portion? Offenbar ein Teil von etwas. Aber es gibt viele Sorten von »Teilen von etwas«; es gibt außer Portionen noch Glieder, Bruchstücke, Fetzen, Ruinen, Überbleibsel, Reste usw. Was ist das Besondere von Portionen? Mein Vorschlag lautet: Portionen sind Teile, die das Ganze enthalten, und welche wieder in Teile, die das Ganze enthalten, zerteilt werden können. Aber wie kann eine Portion das Ganze enthalten, und trotzdem nur ein Teil sein? Nehmen wir etwa eine Portion einer beliebigen Kreidesorte. Alle Eigenschaften, die diese Kreidesorte hat, hat auch jedes noch so kleine Stück von ihr. *Qualitativ* ist also in jeder Portion alles enthalten. Aber *quantitativ* handelt es sich eben nur um ein Bruchstück: es gibt auf der Erde, in Vortragssälen und Klassenzimmern noch sehr viel mehr Kreide.

Das meine ich, wenn ich sage: Portionen sind Teile, die das Ganze enthalten.

Bei Stoffen ist nun das Besondere, daß sie sich innerhalb weiter Spielräume immer weiter zerteilen lassen, ohne dabei ihre Identität zu verlieren.

Das heißt: Ich kann ein Stück Kreide zerbrechen, ich erhalte immer wieder Kreideportionen. Die Linguisten sagen dazu: Stoffnamendenotate sind teilbar, ohne daß ein Namenwechsel erforderlich wird.⁶

Für Stoffportionen gibt es umgangssprachlich eine Fülle von Bezeichnungen. Sie lassen sich je nach Umfang aufsteigend ordnen. Vom Wasser gibt es etwa eine Wanne, einen Eimer, eine Karaffe, ein Glas voll. Man könnte denken, daß sich diese Reihe immer weiter fortsetzen ließe, daß jede Wasserportion, wie klein sie auch sei, immer in noch kleinere Wasserportionen geteilt werden kann.

Wie steht es mit dieser Ansicht? Ist sie wahr? Lassen sich Stoffe beliebig fein portionieren? Kann man zum Beispiel einen Tropfen Wasser in immer neue, nur kleinere Wassertropfchen zerteilen? Phänomenologisch ist das nicht der Fall. Schon weit oberhalb der molekularen Ebene gibt es einen Größenbereich, ein nicht scharf abgrenzbares Spektrum von Mikroportionen, die sich zwar noch teilen oder verteilen lassen, die dabei aber nach und nach die cha-

6. Vgl. Roland HARWEG (1987, S. 798) mit weiteren Belegen.

rakteristischen Eigenschaften des Stoffes verlieren. Didaktiker, die auf Wandtafeln elementare Stoffe in der schematischen Anordnung des Periodensystems anbringen, kennen dieses Problem: Soll ich etwa elementares Silber in Form eines glänzenden Blechstücks zeigen oder als schwarzes Pulver, wie wir es von der Fotografie her kennen? Dieser Sachverhalt spiegelt sich auch in den Bezeichnungen. Man kann Wassertröpfchen vielleicht mit etwas Geschick noch weiter zerteilen oder verreiben und verschmieren, aber was dann noch übrigbleibt, heißt nicht mehr Wasser, sondern unspezifisch »Feuchtigkeit«.

Es gibt also einen unteren Grenzbereich der Portionierbarkeit: bei Sand beginnt er beim Sandkorn, bei der Erde beim Krümel, bei Holz beim Splitter. Wenn die Körner, Krümel und Splitter weiter zerkleinert werden, heißt das Resultat unterschiedslos »Staub«.

Es handelt sich um eine nützliche Idealisierung, anzunehmen, daß die spezifischen Eigenschaften eines Stoffes, seine Qualität, unabhängig von seiner Quantität ist. Tatsächlich gilt diese Annahme aber nur innerhalb gewisser Größenspielflächen. Bei genauerer Beobachtung erweist es sich, daß die Qualität von der Quantität abhängig ist. Das Zerteilen ist auch im Falle der Stoffe kein neutraler Vorgang, sondern er verändert die Eigenschaften des Zerteilten. Vielleicht ist folgender Vergleich nützlich: Man kann einen Rasen halbieren, man kann ihn vierteln, man kann ihn achteln, es bleibt immer noch ein Rasen. Aber es gibt eine Schwelle, da liegt dann kein Rasen mehr vor, weder im gärtnerischen noch im ökologischen Sinn, sondern nur noch ein Büschel Gras oder nur noch ein Grashalm. Ähnlich verliert auch eine Wüste allmählich ihre Eigenschaften, wenn sie immer weiter geteilt wird. Bei Stoffen ist das nicht anders.

Resümee: Die Aussage »Stoffe sind portionierbar« gilt nicht streng, sondern nur in einem eingeschränkten Bereich. Dennoch stellt sie den wichtigsten oder jedenfalls bekanntesten Haltepunkt für den Stoffbegriff dar.

2.2 Stoffe sind Gebilde⁷

Im chemischen Labor werden Stoffe in der Regel in standardisierten Formen aufbewahrt: Flüssigkeiten werden in Standardgefäße abgefüllt; bei den Fest-

⁷ Dieses Charakteristikum von Stoffen habe ich in meinen bisherigen Untersuchungen zum Stoffbegriff nicht explizit erwähnt. Es taucht in der Arbeit »Das Unscheinbare. Phänomenologische Beschreibungen von Stoffen, Dingen und Fraktalen Gebilden« (Soentgen 1997b) nur implizit auf, in einem Exkurs unter dem Titel »Eigenformen von Stoffen.« Inzwischen scheint mir jedoch dieser Punkt so wichtig zu sein, daß ich ihm den Status einer definierenden Aussage verleihen möchte. Die Verwendung des Terminus »Gebilde« (im Unterschied zu: Aggregat) ist angeregt durch die Naturphilosophie von Heinrich BARTH, dargestellt in seinem Werk Erkenntnis der Existenz, Basel 1965, Kap. 10, S. 611–682; vgl. auch S. 308–328 (zu den Termini »Gebilde« bzw. »Gestalt«). Vgl. auch BARTHS bedeutende Interpretation der Kritik der Urteilskraft in Barth: (1959) Kap. 6, S. 420–505.

stoffen wird nachgeholfen, indem man sie pulverisiert. Dieses Pulverisieren ist für die chemische Arbeit wichtig, weil sich sonst die festen Stoffe nicht so fein abwiegen lassen, wie es für quantitative Experimente erforderlich ist.

Dennoch hat der Brauch des Pulverisierens dazu beigetragen, den Irrtum zu stützen, daß Stoffe formlos seien. Das ist aber nicht der Fall. Zwar lassen sich Stoffe innerhalb eines recht großen Spielraums portionieren, ohne dabei ihre spezifischen Eigenschaften zu verlieren. Dennoch ist es falsch, zu schließen, daß Stoffe formlos sind.

Nur wenige Stoffe bilden auffällige makroskopische Formen wie z.B. der Basalt seine sechseckigen Säulen. Aber im Kleinen zeigen sich doch stets charakteristische Gestaltbildungen, wie die Maserung beim Holz, der muschelige Bruch bei Glas, die poröse Oberfläche bei Ton usw. Stoffe haben durchaus spezifische Eigenformen, an denen man sie in der Regel auch auf den ersten Blick erkennt.⁸ Weil wir diese Eigenformen intuitiv erkennen, können wir auch ohne weiteres eigenwüchsige Stoffportionen, wie z.B. Scherben oder Brocken oder Krümel von solchen Stoffportionen unterscheiden, die durch Abteilen künstlich hergestellt wurden.

Die These, daß Stoffe Eigenformen haben, obwohl man diese an den Präparaten nicht mehr wahrnehmen kann, läßt sich noch durch eine andere, vom Handwerk abgelesene Beobachtung stützen. Wer sich zum Beispiel mit einem Goldschmied unterhält, wird hören, daß es keineswegs so ist, daß sich alle Stoffe in der gleichen Weise formen lassen, wie es sein müßte, wenn sie von Natur aus formlos wären. Einen Stoff zu formen erfordert vielmehr Geschicklichkeit, denn jeder Stoff setzt der Formung charakteristische Widerstände entgegen. Ein Kupferblech z.B. kann man nicht beliebig lange hämmern, es wird mit jedem Schlag spröder, bis es schließlich reißt. Nur wenn man es immer wieder erwärmt, kann man die Formung weiter fortsetzen – bis zu einer gewissen Grenze⁹. Einen Stoff zu formen ist eben etwas anderes, als eine Figur in den leeren Raum zu zeichnen. Letzteres gelingt immer, aber die Formung kann fehlschlagen, weil man leicht einen Punkt erreicht, an dem es der Stoff vorzieht, eigene Formen auszubilden: das Werkstück springt, bricht oder zerreißt.

Aus der Perspektive des Arbeitenden war der Stoff in solchen Fällen »spröde«; objektiv gesehen folgt er lediglich auf eine äußere Anregung hin seiner Eigendynamik. Einen Stoff zu formen bedeutet also stets, seine Eigenformen mit einer gewählten Form zu überlagern.

Selbst flüssige Stoffe haben charakteristische Eigenformen, nämlich die

⁸ Vgl. nähere Beschreibungen bei SOENTGEN (1997a).

⁹ Ein ähnliches Phänomen läßt sich besonders gut mit einem 50-g-Goldbarren zeigen: Ein frisch durchgeglühter und dann erkalteter Goldbarren läßt sich mit der Hand einmal relativ leicht, das zweite mal schon schwieriger und beim dritten mal kaum noch verbiegen.

Tropfen. Hinzu kommen noch charakteristische Bewegungsformen wie Wirbel, Wellen, die je nach Flüssigkeit sehr unterschiedlich ausfallen können.¹⁰ Flüssigkeiten sind also keineswegs formlos. Sie gelten als besonders leicht formbar, doch genau besehen sind sie auch das nicht. Man kann allenfalls sagen, daß man sie in Gefäßen von nahezu beliebiger Form und Größe aufbewahren kann.

Ich fasse dieses Ergebnis in dem Satz zusammen, daß Stoffe Gebilde sind. Jede konkrete Stoffportion ist das Resultat gewisser Bildungsprozesse.¹¹ Auch das Zerschlagen und Pulverisieren eines Feststoffes ist nicht nur ein destruktiver Vorgang. Es entstehen dabei auch neue Formen. Jedes Portionieren geht von einem Gebilde aus – und es bringt neue Gebilde hervor.

Lange Zeit wurden die Eigenformen der Stoffe übersehen, was vielleicht auch auf die starke Tradition der neoplatonischen Philosophie zurückzuführen ist, welche lehrte, daß die Materie formlos sei, zum anderen auch darauf, daß die Eigenformen der Stoffe sich nicht recht in den Formenkanon der Euklidischen Geometrie einfügten, der von der Naturwissenschaft, also auch von der Chemie zugrundegelegt wurde.

Heute ist ein erfreuliches Interesse an den Eigenformen der Stoffe zu beobachten. Daran hat sicher die fraktale Geometrie, mit der sich diese Gebilde berechnen lassen, einen wichtigen Anteil. Wichtig für diese Entwicklung war aber vermutlich auch der unterschwellige Einfluß durch die Stilentwicklung in der Architektur, insbesondere durch das von Semper propagierte »materialgerechte Bauen«, welches forderte, bei jeder Art von Gestaltung die Eigenformen der Stoffe zu berücksichtigen. Zum anderen wird der Einfluß durch die Stilentwicklung in der Kunst des zwanzigsten Jahrhunderts (z.B. Tachismus und Materialkunst) erheblich gewesen sein.

Das deutsche Wort »Gebilde«, mit dem ich den Stoffbegriff weiter präzisiere, ist meiner Ansicht nach deshalb ganz besonders glücklich, weil nicht nur die Bildung, der Formungsprozeß darinsteckt, sondern auch das Bild, das heißt, der ästhetische Reiz. Denn eben das Bildhafte ist es ja, das einen an Stoffen zunächst fasziniert. Es sind die Kristallisationen, die sonderbaren Strukturen einer Schmelze, oder auch die merkwürdigen Spiralen der Dämpfe, die das Interesse an der Chemie bei den meisten begründet haben. Mit der zunehmenden Formalisierung der Chemie, mit der Entwicklung einer fachspezifischen, suggestiven Formelsprache sind diese Aspekte in den Hintergrund gerückt. Markus Huppenbauer und Armin Reller haben am Beispiel der Kohle darauf aufmerksam gemacht:

¹⁰ Vgl. die sehr unterschiedlichen Strömungsgestalten verschiedener Wassersorten in (Schwenk 1993)

¹¹ Vgl. dazu Huppenbauer & Reller (1996)

»Die ideale Struktur stellt ... einen geeigneten Bauplan zur wissenschaftlichen und technischen Verfügung dar. Zum Beispiel wird das Kohlemodell der durchschnittlichen Zusammensetzung von Kohle in etwa gerecht, gibt jedoch keinerlei Auskunft darüber, in welchem konkreten geographischen und zeitlichen, also in welchem ökologischen Raum die Pflanze als Ausgangsstoff für ein bestimmtes Stück Kohle wuchs. Das heißt, die je spezifische Vergangenheit der Kohle wird ausgeblendet. Das Strukturmodell von Kohle ... gibt nur Auskunft über die durchschnittlichen, beständig reproduzierbaren Nutzungsmöglichkeiten dieses Energieträgers. Es unterschlägt als dieses Modell die ökologisch-geschichtlichen Dimensionen jeweiliger Kohlen ...« (Huppenbauer & Reller 1996 S. 109.)

An dieser Stelle lohnt sich ein Seitenblick auf KANTS Kritik der Urteilskraft, jenes vielleicht außergewöhnlichste unter den Werken des Königsberger Denkers. Kant analysiert dort nicht, wie in der Kritik der reinen Vernunft, die Struktur des physikalischen Wissens. Vielmehr nimmt er sich hier das zum Paradigma, was später Biologie heißen wird: Die Erkenntnis der organischen Natur. Am Organismus bemerkt er gerade das, was wir am Stoff hervorgehoben haben: Seinen ästhetischen Reiz. KANT spricht in dieser Hinsicht von spezifischen Formen, »welche durch ihre Mannigfaltigkeit und Einheit die Gemütskräfte ... gleichsam zu stärken und zu unterhalten dienen, und denen man daher den Namen schöner Formen beilegt.« (Kant 1959, S. 267) Die Betrachtung schöner Naturformen führt in uns selbst zu einer Steigerung des Lebensgefühls. Wie ich bereits sagte: KANT hat hier den Organismus im Sinn. Doch scheinen mir auch die Eigenformen von Stoffen hierher zugehören. Denn auch für einen Kristall oder für ein Strömungsmuster gilt, »Daß die Teile desselben sich dadurch zur Einheit eines Ganzen verbinden, daß sie von einander wechselseitig Ursache und Wirkung ihrer Form sind« (Kant 1959, S. 290 f.).

Wenige Worte aus der Terminologie der Chemie sind so irreführend wie jenes vom »Aggregatzustand«, mit dem die herkömmliche Dreiteilung der Stoffphasen überschrieben ist. Denn eine konkrete Stoffportion ist nie ein bloßes Aggregat, in dem die einzelnen Teile nur zufällig zusammenhängen. Vielmehr haben wir es bei Stoffportionen mit Gebilden zu tun, in ihnen tritt eine bildhafte, also ästhetische Einheit in die Erscheinung. In der Chemiedidaktik hat sich besonders MINS MINSEN (1986) um die Erschließung der ästhetischen Wirklichkeit, die uns in den Stoffportionen entgegentritt, bemüht¹².

2.3 Stoffe sind materiell

Es gibt vieles in der Welt, das wie Stoffe portionierbar, aber immateriell ist; z.B. die Wärme. Es ist also wichtig, die Bedeutung der Aussage »Stoffe sind

¹² Vgl. auch Buck (1996) S. 10/11, der anhand von unterschiedlich patinierten Kupferplatten vorführt, wie die Chemiker keinen Zugang zu den stofflichen Qualitäten entwickeln.

materiell« genauer zu bestimmen. Wodurch unterscheiden sich materielle und immaterielle Gegenstände?

Ich erläutere die Unterscheidung mit einem Bild: Man denke an die Situation, wenn während eines Sommergewitters die Sonne durch Wolken und Regenschleier bricht. Die Strahlen durchqueren glatt und schnurgerade die wirbelnden Massen. Man sieht gleichzeitig und im Kontrast zwei Ordnungen: die Ordnung der materiellen Gebilde, die vom Gewitter in Mitleidenschaft gezogen werden, und die Lichtstrahlen, welche zur Ordnung der immateriellen Gebilde gehören.¹³

Dieses Gewitterbild habe ich vor Augen, wenn ich versuche, der Unterscheidung materiell/immateriell Kontur zu verleihen.

Ich schlage vor, die Unterscheidung so zu fassen: Materielle Objekte unterscheiden sich von immateriellen in drei Punkten:

- ihre sinnliche Komplexität ist größer;¹⁴
- sie sind beständiger, das heißt, auch wenn man sie einmal nicht vor Augen hat, geht man davon aus, daß die konstante Möglichkeit besteht, sie wieder zum Erscheinen zu bringen;¹⁵
- sie haben höhere kausale Relevanz, schränken unsere Handlungsmöglichkeiten stärker ein als immaterielle Gegenstände;¹⁶

Für jeden *Stoff* dagegen ist wesentlich,

- daß er sinnlich komplex ist: das heißt reichhaltige Angebote für alle Sinne bereithält; – daß er einigermaßen beständig ist: deshalb kann man Stoffe aufbewahren und mit ihnen handeln;
- daß er kausal relevant ist: Stoffe machen uns gesund oder krank, vergiften oder heilen uns.
- daß er wägbare ist.

Deshalb sage ich, daß Stoffe materiell sind, und meine, damit nicht nur eine Tautologie, sondern ein informatives Charakteristikum formuliert zu haben. Verzichtet man nämlich auf diesen Punkt, dann ergibt sich, daß z.B.

¹³ Das Beispiel stammt von Arthur SCHOPENHAUER (1949, Bd. 2, S. 342).

¹⁴ Vgl. zu diesem Punkt Peter STRAWSON (1972, S. 50).

¹⁵ Die Idee, das Prädikat »materiell« bzw. den Begriff der Materie durch den Begriff der konstanten Möglichkeit zu explizieren, stammt von John St. MILL. Vgl. Mill (1889: Chap. XI) und den darauf Bezug nehmenden Appendix. An MILL schließt der Phänomenologe Albert GROTE (1972) an, insbesondere S. 69-72; er spricht statt von »Materialität« von »Substantialität«, und betont zurecht, über Mill hinausgehend, daß es sich um eine *konstante* Möglichkeit handeln muß, die ich durch Handeln aktualisieren kann.

¹⁶ Die Idee, Gegenstände in der Umwelt nach ihrer kausalen Relevanz zu unterscheiden, verdanke ich dem Wahrnehmungspsychologen Fritz HEIDER; vgl. (Heider 1978, S. 13-18). HEIDER hat seinen Gedanken allerdings nicht mit der Unterscheidung materiell / immateriell korreliert.

auch die Wärme ein Stoff ist¹⁷ – ein Ergebnis, das einen naturwissenschaftlich geschulten Kopf befremdet hätte.

2.4 Stoffe haben Neigungen

Jeder weiß, daß Stoffe Möglichkeiten bieten, mit ihnen umzugehen. Man kann Wasser trinken, man kann es schöpfen, man kann es in andere Gefäße füllen, und es nimmt dabei deren Form an. Eigenschaften dieser Art werden meistens mit Wörtern bezeichnet, die in der Regel nach folgendem Plan gebildet sind: Verbstamm plus ein Suffix wie -bar oder -lich. Beispiele: trinkbar, tropfbar, löslich.

Die analytische Philosophie spricht von Dispositionsprädikaten, die als sogenannte universelle Implikationen dargestellt werden: »Salz ist löslich« bedeutet: »Für alle Salzproben gilt: Wenn man sie in Wasser gibt, lösen sie sich auf«. Das ist eine zwar korrekte und klare, aber rein formale Beschreibung. Es gibt mindestens zwei, ganz verschiedene Sorten von Dispositionsprädikaten: Eignungen und Neigungen. Unter einer *Eignung* verstehe ich im Anschluß an Leibniz eine passive Möglichkeit, unter einer *Neigung* eine aktive Möglichkeit.¹⁸ Beides, Eignungen und Neigungen sind Dispositionen, die realisiert werden können. Aber bei der Eignung ist die Ursache der Realisierung *außerhalb* der Sache, bei der Neigung *in* der Sache. Das Gold hat etwa die *Eignung*, daß man es sehr fein auswalzen kann. Aber *von sich aus* bildet es oktaedrische Kristalle: dies ist seine *Neigung*. Es handelt sich um etwas, das das Gold – wenn geeignete Bedingungen vorliegen – von selbst macht.

Synonym mit »Eignung« wäre der Ausdruck »verwendbar für«, statt »Neigung« könnte man von »Tendenz« oder vielleicht auch von »Trieb« sprechen. Ich verwende das Wortpaar Eignung / Neigung, weil es in sinnvoller Weise durch den Klang verbunden ist.

Meine Behauptung ist: alle Stoffe haben Neigungen. Sie sind nicht nur neutrale Massen, die wir unseren Handlungsplänen in der einen oder anderen Weise einspannen können, sondern aktive Einheiten, die aus sich heraus produktiv sind, wenn geeignete Bedingungen vorliegen. Sei es dadurch, daß sie bestimmte Formen schaffen, etwa Kristalle oder fraktale Gebilde, oder dadurch, daß sie mit anderen Stoffen interagieren, sich etwa auflösen, oder aber chemisch reagieren. Sogar die trügsten Stoffe, die man kennt, die Edelgase

¹⁷ Solche Gegenstände bezeichne ich als Quasistoffe. (Vgl. Soentgen 1997b, Abschnitt 21.)

¹⁸ Diese Unterscheidung übernehme ich von LEIBNIZ. Vgl. seine Nouveaux essais, S. 155: »On peut donc dire que la puissance, en general est la possibilité du changement. Or le changement ou l'acte de cette possibilité, estant action dans un sujet, et passion dans un autre, il y aura aussi deux puissances, passive et active. L'active pourra estre appelée faculté, et peut estre que la passive pourroit estre appelée capacité ou receptivité.« (zitiert nach der Ausgabe von C.J. Gerhardt, Berlin 1882. Vgl. auch seinen in diesem Zusammenhang einschlägigen Aufsatz De ipsa natura sive de vi instituta actionibusque creaturarum. (In: Leibniz, 1992).

nämlich, haben Neigungen, insbesondere die Neigung, sich in der Welt zu verstreuen. Chemiker kennen das Phänomen, daß die meisten Stoffe die Neigung haben, sich zu mischen, was für manche Probleme beim Experimentieren und beim Reinhalten der Chemikalien sorgt.

Es gibt Gegenstände in der Welt, die keine Neigungen haben, und sich u.a. dadurch von Stoffen unterscheiden, zum Beispiel Farben und Töne. Die Farbe Rot etwa hat keine Neigung, sie verändert sich nicht von sich aus. Sie hat allerdings Eignungen, und kann deshalb in vielen Kontexten eingesetzt werden, insbesondere als Signalfarbe. Neigungen haben erst wieder rote *Stoffe*, etwa das Blut, das zum Beispiel dazu neigt, zu koagulieren.

Also halten wir fest: Stoffe haben Neigungen.

Dagegen könnte folgender Einwand erhoben werden: das ist ein Anthropomorphismus, nur Menschen können Neigungen haben, etwa die Neigung, zu trinken, oder Witze zu machen, aber Stoffe sind unbelebt, und man kann lediglich von ihnen sagen, daß sie bestimmten Gesetzen unterliegen.

Darauf ist zu entgegnen: Ein Anthropomorphismus würde vorliegen, wenn ich gesagt hätte, daß Stoffe Tugenden und Laster haben, denn das sind anthropomorphe Prädikate, die eine entscheidungsfähige Person voraussetzen. Beim Wort Neigung liegen die Dinge aber anders. Man kann von Neigung sprechen, ohne so etwas wie Persönlichkeit vorauszusetzen. Ja, es ist sogar so, daß sich das Wort »Neigung« laut Grimms Wörterbuch ursprünglich *nur* auf unbelebte Gegenstände bezog; von dort wurde es dann auch auf Menschen übertragen. Von einem Anthropomorphismus kann also keine Rede sein.

Ich meine also, daß das Wort »Neigung«, auch wenn es mehr Farbe und Assoziationstiefe hat, als die Wörter, die heute normalerweise in der Wissenschaft verwendet werden, kein Anlaß für methodologische Nervosität sein muß.

Was leistet nun die Aussage »Stoffe haben Neigungen«? Das Wichtigste ist, daß sie Dynamik in den Stoffbegriff hineinbringt. Stoffe sind alles andere, aber nicht jene passiven und inerten Gegenstände, als die sie in so vielen Beschreibungen erscheinen.

2.5 Stoffe kommen vor

Während ein Einzelding, wie zum Beispiel ein Mensch oder eine Kirche sich zu einer bestimmten Zeit nur an einem bestimmten Ort befinden, gilt von einem Stoff, daß er in der Regel über die Welt verstreut ist, das heißt, daß er an verschiedenen Orten zu finden ist. Für diesen Sachverhalt hält die philosophische Tradition den Begriff der Universalie (oder: allgemeiner Gegenstand) bereit. Man kennt die jahrhundertalte Debatte, die sich um diesen Begriff knüpft, genannt Universalienstreit. Dieser Diskurs zeichnet sich aus

durch zunehmenden Erfahrungsverlust, bei gleichzeitiger Komplexitätssteigerung der logischen Konstruktionen. Er ist damit fast ein Musterbeispiel für jene Gesetze der Diskursentwicklung, die der britische Sozialpsychologe Sir Frederic BARTLETT in den dreißiger Jahren entdeckt hat.¹⁹

Die Diskussion über Universalien bedarf einer phänomenologischen Frischzellenkur: die Grundbegriffe müssen ausgetauscht werden, insbesondere der sonderbare Begriff der »Universalie«, mit dem sich die Spezialisten bis heute gegenseitig ergötzen, der aber außerhalb der Philosophie nur die Frage provoziert, was das denn nun wieder sei.

Eine sinnvolle Alternative ist der Begriff des *Vorkommens*, den der Phänomenologe Hans LIPPS entdeckt hat. Dieser Begriff hat sich bis heute nicht verbraucht, weil das Werk von LIPPS, der im zweiten Weltkrieg fiel, von den Philosophen (mit wenigen Ausnahmen) vergessen wurde. »Vorkommen« gehört zum Wortfeld der Verben der Existenz, es ist ein Verb der speziellen Existenz. Es bedeutet, daß etwas an bestimmten Orten oder bei bestimmten Gelegenheiten in Erscheinung tritt. LIPPS schreibt: »Eine Farbe, ein Stoff ... existieren, sofern sie »vorkommen«. [Sie haben] insofern nicht die »Existenz« im Sinne des Vorhandenseins.«²⁰ »Stoff, Farbe usw. kommen vor, insofern als man sie entdeckend »trifft« (LIPPS 1928, S. 62).

Ich sage also: Stoffe kommen vor. Das bedeutet nicht einfach: es gibt Stoffe. Es bedeutet, daß jeder Stoff bestimmte Orte, etwa Lagerstätten hat, wo man ihn finden kann. Stoffe sind über die Welt verstreut, sie haben ihre jeweils spezifische Verbreitung.

Die Formulierung »Stoffe kommen vor« ist besser als die scheinbar gleichwertige: »Stoffe sind Universalien«, weil sie nicht nur metaphysische und historische Reminiszenzen stimuliert, sondern empirische, sachliche Überlegungen anregt. Der Begriff des Vorkommens führt sofort wieder zum Stoff und seinen Eigenschaften und Neigungen zurück. Er ist nicht nur ein abstraktes Charakteristikum aller Stoffe, sondern auch ein brauchbares Instrument empirischer Forschung.

Denn es ist möglich, nach *Arten des Vorkommens* von Stoffen zu fragen. (Während es nicht ohne weiteres möglich wäre, nach Arten der Universalität zu fragen.) Man kann fragen, wo und wie ein Stoff vorkommt, und die Infor-

¹⁹ Vgl. Bartlett (1932).

²⁰ Hans LIPPS (1928), S. 60f). Albert GROTE, der ein Schüler von LIPPS war, übernahm das Wort, verspielte aber einen großen Teil des semantischen Gewinns, indem er den empirischen Bezug der ursprünglichen Konzeption fallen ließ, und den Begriff wieder transzendentalisierte: »[Vorkommendes ist etwas], das aus einem ihm immanenten Bereich heraus hier und da und dort in das anschaulich-Sinnliche sich vorschiebt, ohne mit seinem Selbst, so wie das Vorhandene, darin aufzugehen ...« (Grote, 1972, S. 364f). Vgl. für nähere Kritik Soentgen (1997b), Abschnitt 15, I (*Terminologische Notiz*).

mationen, die man auf diese Weise erhält, sind auch Informationen über den Stoff. Das Verstreutsein der Stoffe über die Welt ist verschiedener qualitativer Modifikationen fähig. Die Stoffe sind nicht statistisch delokalisiert, sondern Stoffe bilden sich im Verlauf komplexer geochemischer Prozesse, verteilen sich über die Erdkruste, und sammeln sich dann in Ablagerungsprozessen in Taschen, Nischen, Adern, Spalten und anderen Fallen.²¹ So bilden sich Vorkommen durch natürliche Prozesse. So sammelt sich etwa das Gold an: es wird zum Beispiel aus einem Berg von einem Bach transportiert, und setzt sich da ab, wo die Schubkraft des Wassers nachläßt. Insbesondere an den Sandbänken auf den Innenseiten von Krümmungen, oder vor und hinter großen Blöcken, und, wegen der großen Dichte dieses Metalls, immer in der tiefsten Schicht der Flußablagerungen, nahe dem Flußboden.

Naturstoffe zeigen oft die Spuren der Prozesse, durch die sie hervorgebracht worden sind: Das Holz zeigt eine Maserung, Jahresringe, an denen sich die Bedingungen seiner Entstehung recht genau ablesen lassen, Natursteine zeigen Schichtungsstrukturen usw. Die Form ist hier nicht nur die geometrische Grenze, sondern das Resultat eines Formungsprozesses. Bei industriell gefertigten Stoffen dagegen fehlen in der Regel solche wahrnehmbaren Wuchsspuren; werden solche Stoffe in Inneneinrichtungen verwendet, wie z.B. das Resopal, dann wirken sie aus diesem Grund oft ungeschichtlich und kalt.

Stoffe kommen vor: das bedeutet, daß sie über die Welt verstreut sind. Und sie sind nicht etwa zufällig verstreut, sondern weil es ihren Neigungen entspricht: Die Aussage »Stoffe kommen vor« hängt zusammen mit der Aussage: »Stoffe haben Neigungen«. Sie soll den Stoffbegriff gewissermaßen ökologisieren, das heißt, daran erinnern, daß Stoffe ähnlich wie Pflanzen und Tiere in den größeren Zusammenhang der Natur eingebunden sind, sie haben *Stätten*, an denen sie sich ansammeln oder bilden, ähnlich wie Pflanzen und Tiere ihre Lebensräume haben. Der Raum ist auch für Stoffe nicht nur ein neutraler Behälter.

Nun kann man einwenden: Die Aussage, daß Stoffe vorkommen stimmt nur bei einigen wenigen natürlichen Stoffen, etwa bei Erzen oder Braunkohle oder Quellwasser. Die meisten Stoffe, die heute bekannt sind, kommen aber überhaupt nicht vor, sondern müssen hergestellt werden. In diesem Einwand meldet sich wieder jener verkürzte Stoffbegriff, der an den Präparaten abgelesen ist. Aber einerseits tauchen auch bei der Synthese die Stoffe nicht statistisch im Erlenmeyerkolben auf, oder dies nur dann, wenn man unausgesetzt

21 Dazu die Darstellungen der Lagerstättenkunde: W.E. Petrascheck, Mineralische Bodenschätze, Frankfurt a.M. 1970; R. Schönenberg, Geographie der Lagerstätten, Darmstadt 1973. Zur Geschichte der Theorien der Lagerstättenkunde vgl.: W. Fischer, Gesteins- und Lagerstättenbildung im Wandel der wissenschaftlichen Anschauung Stuttgart 1961.

rührt. Vielmehr kommt es, wenn man die chemischen Prozesse nicht stört, auch bei der Synthese zu eigenartigen Strukturbildungen, zur Entstehung von Landschaften, in denen sich die Produkte in charakteristischer Weise verteilen (vgl. Popp 1985).

Andererseits sagte ich bereits, daß Präparate verkürzte Stoffe sind; und diese Verkürzung betrifft besonders die Herkunft, d.h. den Bezug auf das Vorkommen. »Rohstoffe« werden im Labor solange bearbeitet, bis ihr Lokalkolorit praktisch entfernt ist. Präparate haben also im Gegensatz zu den natürlichen Stoffen, solange sie im Labor bleiben, keine Ökologie. Sie scheinen zeitlos zu sein, sie befinden sich in einer Art *splendid isolation*. Doch dies ändert sich oft schneller, als man denkt, ein defektes Rohr, ein Riß in einem Kessel reichen aus, und auch diese Stoffe verbreiten sich nach eigenem Plan in die Umwelt, und fädeln sich in die Kreisläufe der Natur ein.

2.6 Stoffe sind natürliche Arten

Die Unterscheidung zwischen natürlichen und künstlichen Arten ist der Sache nach alt, sie findet sich etwa in den *Nouveaux Essais* von LEIBNIZ. Der analytische Philosoph Saul KRIPKE (1993) hat sie in seiner Untersuchung über Eigennamen reformuliert und auf Stoffe angewandt. Sein Resultat: Stoffe sind natürliche Arten. Diese Aussage übernehme ich in meine Definition.

Der Satz bedeutet nicht, daß alle Stoffe, die man kennt, auch in der Natur vorkommen, sondern, daß ein Stoff ein Gegenstand ist, der seine Einheit selbst besorgt.

Umgekehrt heißt das: Stoffe sind keine Abstrakta, d.h. Stoffe sind nicht Gegenstände, die ihre Einheit einer Verstandesleistung verdanken.

Die Ansicht, daß Stoffe Abstrakta seien, wurde meines Wissens erstmals von Wilhelm OSTWALD formuliert²², sie wird bis heute von namhaften Autoren vertreten. Etwa von Johann WENINGER, dem langjährigen Mitglied des *Ausschusses für chemische Terminologie am Deutschen Institut für Normung* (DIN). Er schreibt:

»Konkret sind allein die Dinge, und nicht die Stoffe. Den Begriff des Stoffes gewinnen wir nur, wenn wir bei den Dingen von deren Quantumsgrößen (Masse, Volumen ...), Zustandsgrößen (Temperatur ...) und formkennzeichnenden Größen absehen und nur die übrig bleibenden und als stoffliche Eigenschaften bezeichneten Größen berücksichtigen. Der Träger dieser übrig bleibenden Eigenschaften, den wir als Stoff bezeichnen, ist notwendig ein Abstraktum.«²³

22 Vgl. etwa OSTWALD, (1912, S. 1).

23 Vgl. DIERKS & WENINGER (1988, S. 75). Diese Auffassung ist übrigens weitgehend identisch mit derjenigen des bereits erwähnten »Ausschuß für Chemische Terminologie« im Deutschen Institut für Normung (DIN). Johann WENINGER hat lange Jahre in diesem Ausschuß mitgearbeitet.

Die Pointe dieser Überlegung ist klar: Stoffe gehören nicht zum konkreten Bestand unserer Umwelt, sondern sind Ergebnis der abstrahierenden, reflektierenden und kombinierenden Arbeit unseres Verstandes. Konkret und unmittelbar sind danach nur die Dinge, die Stoffe dagegen sind vermittelte Korrelate von Denkprozessen. Sie verdanken ihre Einheit einer intellektuellen Leistung.

Genau dies ist die Auffassung, die Saul KRIPKE in seiner Untersuchung über *Naming and Necessity* widerlegt hat. Das wichtigste Argument ist folgendes: Stoffe gäbe es in der Natur auch dann, wenn kein Mensch seinen Verstand betätigte. Was uns fehlen würde, wenn niemand nachdächte, wären lediglich *Stoffbegriffe*. Wäre es so, wie WENINGER vorschlägt, dann hätte man eine bequeme Methode, neue Stoffarten herzustellen: man müßte nur nachdenken. Aber entsteht wirklich ein neuer Stoff, indem man einen Gedanken faßt? Das wäre eine ganz neue, sehr zeitsparende Form der Synthese.

Es zeigt sich, daß WENINGERS Auffassung ihre Tücken hat. Denn Stoffe gehören eben zur natürlichen Ausstattung des Universums; mit anderen Worten: Stoffe sind natürliche Arten.

Auf die gegenteilige Ansicht kommt WENINGER durch ein Fehlkonzept, das besonders in Deutschland verbreitet ist, indem er nämlich die Betrachtung der Sache durch die Betrachtung ihres Begriffs ersetzt.

Er sagt: den Begriff des Stoffes gewinnt man durch Abstraktion – also sind Stoffe Abstrakta. Die Art, wie man den Begriff einer Sache gewinnt, sagt aber gar nichts über die Sache selbst aus. Die meisten gewinnen den Stoffbegriff ohnehin nicht durch Abstraktion, sondern indem sie Bücher lesen oder in einem Lexikon unter dem Stichwort »Stoff« nachschlagen.

Stoffe sind keine Konstruktionen, die ihre Einheit nur einer gedanklichen Arbeit verdanken. Stattdessen bezeichne ich sie als natürliche Arten, das heißt als Einheiten, die aus sich selbst heraus stabil sind. Es sind Einheiten, die nicht erst durch menschliches Denken entstehen, sondern diesem Denken vorausliegen. Wie sonst könnten konkrete Stoffe Eigenschaften haben, mit denen niemand gerechnet hätte, an die niemand gedacht hätte, ja, an die keiner glauben würde, wenn er sich nicht mit eigenen Augen davon überzeugt hätte? Etwas, das man sich selbst ausgedacht hat, würde einen schwerlich so überraschen können, wie etwa der Phosphor seinen Entdecker, den Alchimisten BRAND überraschte, als sich herausstellte, daß dieser bei Nacht zu leuchten vermochte.

Das Adjektiv »natürlich« in der Formulierung besagt, wie bereits betont, nicht, daß es nicht möglich wäre, im Labor Stoffe herzustellen, die in der Natur nicht vorkommen. Ein Präparat wie zum Beispiel das Papier ist genauso eine natürliche Art wie etwa das Holz. Es wäre unsinnig, die Unterscheidung künstliche/natürliche Arten so verwenden zu wollen, daß sie sich

mit der Unterscheidung Kunststoffe/Naturstoffe deckt. Wenn oben gesagt wurde, daß es wichtig ist, einen Stoffbegriff zu entwickeln, der nicht nur auf Präparate paßt, sondern auch auf Nichtpräparate wie Erde, Quellwasser oder Holz, so ist es nun angebracht, daran zu erinnern, daß dies nicht bedeutet, daß ich versuchen will, einen Stoffbegriff zu entwickeln, der nur auf Nichtpräparate paßt. Das wäre derselbe Unfug, nur in Grün. Es kommt vielmehr darauf an, eine Beschreibung zu entwickeln, die *alle* Stoffe umfaßt. »Natürlich« bedeutet deshalb nur, daß etwas selbst seine Einheit stabilisiert, so daß man es mit einem Eigennamen taufen kann.

2.6 Chemische Formeln

Viele Stoffarten können durch eine chemische Formel definiert werden. Dieser Umstand hat zu dem Vorurteil geführt, es »habe« jeder Stoff eine Formel, und eine Substanz, für die sich keine chemische Formel angeben lasse, sei kein richtiger Stoff, sondern bloß ein Gemisch. Bisweilen liest man auch die Behauptung, daß ein chemischer Stoff durch seine chemische Formel vollständig beschrieben werden könne.²⁴

In beiden Ansichten kommt eine Überschätzung des Instruments der chemischen Formel zum Ausdruck.²⁵ Es ist wichtig, zu erkennen, daß die Möglichkeit, Stoffe mit Formeln zu beschreiben, durchaus begrenzt ist. Es ist kein Charakteristikum von Stoffen, daß sie Formeln »haben«. Formeln sind weiter nichts als elegante Beschreibungsmethoden, mit denen sich einige Eigenschaften von manchen Stoffen befriedigend darstellen lassen. Ein Stoff, für den sich keine Formel finden läßt, ist darum keineswegs als minderwertiges chemisches Individuum anzusehen.

Nicht einmal hochreine Präparate werden durch ihre Strukturformel vollständig beschrieben. Schon in den zwanziger Jahren wies der Physikochemiker J.D. VAN DER WAALS darauf hin, daß nicht einmal destilliertes Wasser durch das berühmt-berüchtigte »H₂O« erschöpfend charakterisiert sei, da außer diesem selbst in reinstem Wasser noch sehr viele weitere Moleküle und Molekülcluster vorkommen (van der Waals 1927, S. 227-235). Entsprechend gibt es auch Stoffe, die zwar die gleiche chemische Konstitution haben, aber doch nicht identisch sind, was insbesondere bei Legierungen oft der Fall ist, die sich auch bei gleicher elementarer Zusammensetzung je nach Herstellungsprozeß in ihren Eigenschaften erheblich unterscheiden können.

Auch gibt es zahlreiche Stoffe, für die sich gar keine Strukturformeln angeben lassen, wie etwa hochpolymere Substanzen oder Legierungen. In sol-

²⁴ Vgl. zu verschiedenen Formeltypen der Chemie: Hoffmann & Lazlo (1991).

²⁵ Vgl. zur Entwicklung und Logik der chemischen Formel Bradley (1990).

chen Fällen kann man aber alternative Beschreibungen vorlegen, etwa indem man den Fundort beschreibt, oder das Herstellungsverfahren angibt, oder einen Satz von definierenden Kenngrößen aufführt. Solche Beschreibungen können den Stoff völlig befriedigend charakterisieren, nämlich so, daß er jederzeit identifiziert werden kann. Eine Formel ist nicht das principium individui von Stoffarten, sie ist nicht das unerläßliche Merkmal, das einen Stoff zu diesem Stoff macht.

Der Jurist und Chemiker Fritjoff HIRSCH, Richter am Bundespatentgericht in München, und als solcher beruflich mit der Abgrenzung von Stoffarten beschäftigt, faßt den Sachverhalt so zusammen:

»In der Regel sind Stoffe gleicher chemischer Zusammensetzung als identisch anzusehen. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß zwei Stoffe mit gleicher Molekülstruktur eigenständige Individuen sind, wenn sie sich durch zuverlässige Parameter voneinander unterscheiden. Die Verschiedenheit von Stoffen gleicher chemischer Konstitution hinsichtlich ihrer Form, etwa einer besonderen Makrostruktur, wie das bei polymorphen Stoffen der Fall ist, kann Ursache sein für unterschiedliche physikalische Eigenschaften der Stoffe.«²⁶

Daraus ergibt sich, daß die chemische Formel »nur eines von verschiedenen Mitteln zur Definition eines Stoffes [ist]. Der Umstand, daß die Formel in der Regel die beste Definition ist, schließt also andere Definitionen nicht aus« (Hirsch 1980, S.47).

Die Sachlage kann man sich vielleicht mit einem Vergleich klarmachen: Ein Mensch, dessen Eltern und Vorfahren unbekannt sind, hört dadurch keineswegs auf, Mensch zu sein, auch wenn er sich ohne Stammbaum weniger leicht in die Gemeinschaft der Menschen einordnen und weniger leicht bürokratisch erfassen und verwalten läßt. Diese Analogie paßt ziemlich genau, weil die chemische Formel, ganz ähnlich wie eine Liste der Vorfahren, über die Substanzen Auskunft gibt, aus denen ein vorliegender Stoff gewonnen werden kann. Das heißt, eine chemische Formel informiert den, der sie lesen kann, wie ein bestimmter Stoff sich in das Beziehungsnetz der übrigen Stoffe einordnet.

Die chemische Formel ist also, wenn sie vorgelegt werden kann, ein sehr wichtiges und informatives Dokument, vielleicht ist deshalb der Fehlschluß verständlich, der meint, daß jene Stoffe, für die sich Formeln nicht aufreiben lassen, minderwertige Bastarde seien.

Die Rolle der Formel in der Geschichte der Chemie ist durchaus ambivalent. In vielen Hinsichten war und ist sie ein fruchtbares Instrument; die Suche nach chemischen Formeln hat zu zahlreichen Entdeckungen geführt. Ernst CASSIRER hat in seiner *Philosophie der symbolischen Formen* den Sinn

²⁶ Vgl. HIRSCH, (1980, S. 46). Besonders problematisch ist übrigens die Beschreibung von Mineralien mithilfe chemischer Formeln. Dazu TATJE (1990, S. 28-35).

der chemischen Formel einleuchtend zusammengefaßt:

»Die abstrakte chemische Formel ... enthält nichts mehr von dem, was die direkte Beobachtung und die sinnliche Wahrnehmung uns an diesem Stoffe lehrt; aber statt dessen stellt sie den besonderen Körper in einen außerordentlich reichen und fein gegliederten Beziehungskomplex ein, von dem die Wahrnehmung als solche überhaupt noch nichts weiß. Sie faßt den Körper nicht mehr nach dem, was er sinnlich ist ...; sondern faßt ihn als einen Inbegriff möglicher Reaktionen, möglicher kausaler Zusammenhänge, die durch allgemeine Regeln bestimmt werden« (Cassirer 1923, S. 45).

Die Formel ist eine originelle Beschreibungsmethode, durch die sich die Chemiker als soziale Gemeinschaft nach außen abgrenzen: Formeln (vor allem der Benzolring) werden oft wie Wappen oder Fahnen verwendet, um chemische Institutionen zu repräsentieren. Insofern stiften die Formeln auch Identität.

Auf der anderen Seite scheint die Leidenschaft für Formeln aber auch zu einer Vereinseitigung der chemischen Forschung geführt zu haben, insbesondere zu einer Vernachlässigung derjenigen Stoffarten, deren Zusammensetzung veränderlich ist, so daß sich für sie keine exakten chemischen Formeln angeben lassen, jedenfalls keine der herkömmlichen Art, wie zum Beispiel die Legierungen oder die Kolloide, und erst recht die Stoffe des Alltags, Holz, Erde, Asche usw. Man bezeichnet diese Stoffe als (homogene oder heterogene) Mischungen, aber damit wird man ihnen nicht gerecht. Als ob es sich deshalb um minderwertige Einheiten handelt, weil sie sich wieder zerlegen lassen! Bei einer Mischung geht man davon aus, daß sich die Eigenschaften als Summe der Eigenschaften der Ausgangsstoffe ableiten lassen – dies ist aber nur bei sehr wenigen Mischungen der Fall. Oft zeigen schon Mischungen aus nur zwei Komponenten völlig neuartige Eigenschaften. Man weigert sich aber, sie als chemische Individuen, das heißt als eigenständige Stoffarten anzuerkennen, weil ihre Zusammensetzung in einem gewissen Spielraum schwankt, weder dem Gesetz der konstanten, noch dem Gesetz der multiplen Proportionen folgt. Mit anderen Worten: Diese Substanzen werden als Stoffe zweiter Klasse behandelt, weil sich für sie keine chemische Formel angeben läßt. Man verfährt dann so, daß man diese Stoffe in ihre »Bestandteile« zerlegt, das heißt, in Verbindungen mit konstanter Zusammensetzung, und sie dann als »Gemisch« ausgibt, statt erst einmal ihr eigenartiges Verhalten zu studieren. Eine Praxis, die einen doch sehr an die Methode des Prokrustes erinnert.

Die Bevorzugung der Stoffe mit konstanter Konstitution ist psychologisch verständlich und forschungsstrategisch sinnvoll, dennoch sollte man sich daran erinnern, daß es sich bei diesen Stoffen sowohl praktisch als auch theoretisch um Grenzfälle handelt. Praktisch deshalb, weil diese Substanzen in der Natur fast nirgends vorgefunden werden, sondern erst durch aufwendige Behandlungen erzeugt werden müssen. Theoretisch deshalb nicht, weil

es diese Substanzen aufgrund des Massenwirkungsgesetzes gar nicht gibt; es handelt sich genau besehen um Idealisierungen, um theoretische Fiktionen.

Man kann die Vereinseitigung der chemischen Forschung, ihr Interesse ausschließlich an den begradigten Präparaten vielleicht als Folge des historischen Triumphes von PROUST über BERTHOLLET verstehen: BERTHOLLET hatte behauptet, daß die Zusammensetzung von Stoffen in aller Regel veränderlich ist. PROUST wies dagegen nach, daß es sehr viele Stoffe gibt, die eine konstante Zusammensetzung haben. Daraufhin konzentrierte sich die Chemie auf das Studium dieser Substanzen. Jene Stoffarten hingegen, deren Zusammensetzung (in gewissen Spielräumen) variabel ist, gerieten mehr oder weniger in Vergessenheit. Gelegentlich werden sie als »Berthollide« bezeichnet. Die Vernachlässigung der Berthollide kann man daran ablesen, daß zahlreiche Begriffe für die Beschreibung von Stoffen sich ausschließlich auf Stoffe mit konstanter Zusammensetzung beziehen. Ein Beispiel ist der Begriff der Reinheit eines Stoffes. Man bezeichnet in der Chemie eine Substanz als rein, wenn ihr Schmelz- und/oder Siedepunkt konstant ist. Dieser Begriff ist auf Berthollide nicht anwendbar.²⁷

Die Vernachlässigung der Berthollide ist deshalb bedauerlich, weil gerade die ursprünglichen Substanzen, die man in der Natur findet, von dieser Sorte sind. Die Proustide, die Substanzen mit konstanter Zusammensetzung, sind dagegen zum überwiegenden Teil Kunstprodukte, eben Präparate.

Zusammenfassung

Die an dieser Stelle knapp skizzierte Beschreibung trifft, soweit ich sehe, auf alle Stoffe zu. Und sie trifft *nur* auf Stoffe zu. Jeder einzelne Punkt ist notwendig, zusammen sind die sechs Punkte gerade hinreichend, um Stoffe von Nichtstoffen zu unterscheiden. Deshalb wage ich zu behaupten, daß die Kategorie »Stoff« durch diese Beschreibung definiert ist.

Es handelt sich freilich bei dieser Beschreibung nicht in dem Sinne um eine Definition, daß lediglich die landläufigen Selbstverständlichkeiten zum Thema »Stoff« aufgelistet wurden. Die Beschreibung hat vielmehr diese Selbstverständlichkeiten kritisch untersucht und gelegentlich geradegerückt oder relativiert.

Ich möchte abschließend nochmals die Intention, die inhaltliche Richtung meines Konzeptes formulieren, gleichsam die Linie, auf der die einzelnen Punkte liegen. Es ist meine Überzeugung, daß Stoffe dem, was man als organische Natur bezeichnet, viel ähnlicher sind, als man denkt. Sie können alt werden, das heißt, sie sind ein Sein in der Zeit, sie verteilen sich von selbst bzw. sammeln sich an, sie haben spezifische Formen, ganz ähnlich wie Viren,

²⁷ Vgl. auch die aufschlußreichen Bemerkungen von WALD, (1902, S. 182–216).

Bakterien, Pflanzen oder Tiere. Stoffe sind nicht anorganisch im Sinne von formlos, ewig, durchgehend bestimmt, und träge. Von diesem Resultat her mögen auch manche Probleme der Naturphilosophie, etwa die altbekannte Frage, wie denn aus der unbelebten Materie je das Leben entstehen kann, in einem neuen Licht erscheinen. Denn die notorische »unbelebte Materie« gibt es nun einmal nicht, sie ist eine theoretische Fiktion. Was es stattdessen gibt, sind Stoffe, und die teilen manche wichtigen Eigenschaften mit den Lebewesen.

Die vorgeschlagene Definition bedarf weiterer Ausarbeitung. Einerseits müsste sie, in der angedeuteten Weise, naturphilosophisch interpretiert werden. Andererseits müsste sie in einen Kontext weiterer stoffbezogener Begriffe gesetzt werden.

So wäre es etwa ergiebig, jene Begriffe kritisch zu rekonstruieren, mit denen wir stoffliche Prozesse²⁸ beschreiben: Wodurch unterscheiden sich Reaktion und Mischung?²⁹ Was bedeutet es, zu sagen, daß ein Stoff schmilzt, verdunstet, gefriert usw.? Im Bereich der stofflichen Prozesse dominiert heute sehr stark die nivellierende, auf Präparate fixierte chemische Sprechweise. Sie wird im Chemieunterricht eingeschärft. Inwiefern dadurch interessante Phänomene unsichtbar gemacht werden, möchte ich nur an einem einzigen Beispiel deutlich machen.³⁰ Der Lehrer will etwa in der Schule den Begriff der Löslichkeit einführen und gibt zu diesem Behufe einen Kochsalzkristall in ein Reagenzglas. Das Glas wird dann solange geschüttelt, bis sich das Salz aufgelöst hat. Gezeigt ist damit: Salz ist löslich. Für den an chemischen Umbildungen, an der Erzeugung neuer Chemikalien interessierten Forscher reicht diese Information.

Doch der *eigentliche*, hochgradig komplexe Prozeß des Sich-Auflösend, den jeder ohne weiteres sehen kann, wenn er nur auf das Schütteln verzichtet, diese komplizierte Schlierenbewegung, die immer anders aussieht, die sich nicht so leicht schematisieren läßt; *dieser* Vorgang wird völlig übergangen. Es soll nichts gegen Schematisierungen gesagt werden. Sie müssen aber als solche bewußt bleiben, da sonst die Schemata für die Phänomene selbst gehalten werden und es dazu kommt, daß man das Promille, was man von einem Phänomen dank des Schemas erfassen kann, für das Eigentliche hält. Ähnlich wie der Stoffbegriff verkürzt wird, wenn er ausschließlich an gesäuberten Präparaten abgelesen wird, verengt sich die Beschreibung der chemischen Prozesse, wenn sie ausschließlich auf jene stilisierten chemischen Prozesse achtet, die in der Schule präsentiert werden.

Hier kann eine phänomenologische Terminologie eine wichtige kritische

²⁸ Vgl. die ausgezeichnete Studie von Wobbe DE VOS (1995).

²⁹ Vgl. JENS SOENTGEN (1997b, Abschnitt 27).

³⁰ Vgl. DE VOS (1995, S. 42 ff).

Funktion wahrnehmen. Eine phänomenologische Beschreibung stofflicher Prozesse könnte aber auch den oben vorgeschlagenen Stoffbegriff mit einem dichteren Hintergrund ausstatten. Vor allem ist zu erwarten, daß noch deutlicher werden kann, daß in den Stoffen, ähnlich wie in den Lebewesen, eine autonome Dynamik steckt.

Literatur:

- Anita ALBUS (1997): Die Kunst der Künste. Erinnerungen an die Malerei. Frankfurt am Main: Eichborn Verlag
- Gaston BACHELARD (1972): *Le matérialisme rationnel*, Paris, PUF.
- Heinrich BARTH (1959): Philosophie der Erscheinung, Bd. II: Neuzeit. Basel, Stuttgart: Schwabe.
- Heinrich BARTH (1965): Erkenntnis der Existenz, Basel, Stuttgart: Schwabe.
- Sir Frederic BARTLETT (1932): *Remembering*. Cambridge: Cambridge University Press
- John BRADLEY (1990): *Cannizzaros Methode – Der Schlüssel zur modernen Chemie*, Bad Salzdetfurth: Franzbecker Verlag.
- BROCKHAUS (1993): Enzyklopädie. Mannheim: F.A.Brockhaus Verlag, 19. und frühere Auflagen
- Peter BUCK (1990): Präzise und exakte Begriffsbildung. *chimica didactica* 16, S. 223-229
- Peter BUCK (1996): Präzise und exakte Begriffsbildung oder: Was die Chemiker mit ihrer Formel- und Fachsprache notorisch übersehen und terminologisch unberücksichtigt lassen. In: P. JANICH & N. PSARROS [Hg]: *Die Sprache der Chemie*. Würzburg: Königshausen & Neumann, S. 3-12
- Jochen BUSEMANN (1996): Betrachtungen über das Wort 'Stoff' und seinen Gebrauch in der chemischen Fachsprache. In: P. JANICH & N. PSARROS [Hg]: *Die Sprache der Chemie*. Würzburg: Königshausen & Neumann, S. 47-54
- Ernst CASSIRER (1964): Philosophie der symbolischen Formen, 1. Teil: Die Sprache. 4. Aufl. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Werner DIERKS & Johann WENINGER (1988): *Stoffe und Stoffumbildungen*, Bd. III, Stuttgart: Ernst Klett Verlag
- Walther FISCHER (1961): *Gesteins- und Lagerstättenbildung im Wandel der wissenschaftlichen Anschauung*. Stuttgart: Schweizerbart
- Albert GROTE (1972): *Die Grundlagen einer Phänomenologie der Erkenntnis*, Hamburg: Meiner.
- Roland HARWEG (1987): Stoffnamen und Gattungsnamen. In: Z. Phon. Sprachwiss. Kommunik. Forsch. (ZPSK) 40,
- Fritz HEIDER (1978), Wahrnehmung und Attribution, in: Dietmar Görlitz und Martin Dobrick (Hg.): *Symposium über Attribution*, Stuttgart: Klett-Cotta
- Fritjof HIRSCH (1980): Chemie-Erfindungen und ihr Schutz nach neueren Gerichtsentscheidungen, GRUR³¹-Abhandlungen Heft 10. Weinheim: Verlag Chemie, S. 46ff.
- Roald HOFFMANN & Pierre LAZLO (1991): *Darstellungen in der Chemie – die Sprache der Chemiker*, Angew. Chemie, 103, S. 1 – 16
- Markus HUPPENBAUER und Armin RELLER (1996): Stoff, Zeit und Energie: Ein transdisziplinärer Beitrag zu ökologischen Fragen, *Gaia* 5, no. 2, S. 109
- Peter JANICH & Nikolaos PSARROS [Hg]: *Die Sprache der Chemie*. Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Immanuel KANT (1959): *Kritik der Urteilskraft*. Hamburg: Felix Meiner Verlag

31 Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht

- Saul KRIPKE (1993): *Name und Notwendigkeit*, Frankfurt a.M. Suhrkamp.
- Gottfried Wilhelm LEIBNIZ (1992): *Philosophische Schriften*, hg. und übersetzt von Herbert HERRING, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Gottfried Wilhelm LEIBNIZ (1978), *Nouveaux Essais*. Hrsg. von C.J. GERHARDT, Neuabdruck Hildesheim: Olms Verlag
- Hans LIPPS (1928), *Untersuchungen zur Phänomenologie der Erkenntnis*, Zweiter Teil: Aussage und Urteil. Bonn: Cohen
- John St. MILL (1889): *An Examination of Sir William Hamiltons Philosophy*, 6.ed., London: Longmans, Green & Co.
- Mins MINSEN (1986): *Der sinnliche Stoff*. Stuttgart: Klett-Cotta-Verlag
- Jürgen MITTELSTRASS & Günter STOCK [Hg] (1992): *Chemie und Geisteswissenschaft – Versuch einer Annäherung*. Berlin: Akademie Verlag
- Wilhelm OSTWALD (1912): *Grundlinien der anorganischen Chemie*, Dresden, Leipzig: Engelmann Verlag (3. Aufl.)
- Walther E. PETRASCHECK (1970), *Mineralische Bodenschätze*, Frankfurt a.M. Suhrkamp
- Till POPP (1995): Anorganische Naturlandschaften und deren Verbindung mit Schichten oder Strukturbildung durch Fällungsreaktionen. In: Mins MINSEN (Hg.): *Strukturbildende Prozesse bei chemischen Reaktionen und natürlichen Vorgängen*. Kiel: IPN, S. 87-153.
- Nikos PSARROS, Klaus RUTHENBERG & Joachim SCHUMMER (hg) (1996): *Philosophie der Chemie – Bestandsaufnahme und Ausblick*. Würzburg: Verlag Königshausen & Neumann.
- Nikos PSARROS (1999): *Die Chemie und ihre Methoden – eine philosophische Betrachtung*. Weinheim u.a.: Wiley-VCH-Verlag.
- Römpps Chemielexikon, 9. Aufl. 1989ff, Stuttgart: Thieme Verlag
- Reinhard SCHÖNENBERG (1973): *Geographie der Lagerstätten*, Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft
- Arthur SCHOPENHAUER (1949): *Die Welt als Wille und Vorstellung*, Bd. 2. Wiesbaden: Brockhaus
- Theodor SCHWENK (1993): *Sensibles Wasser*, Schriftenreihe des Instituts für Strömungswissenschaften, Heft 2. Herrschried
- Jens SOENTGEN (1997a): *Fraktale Gebilde*. In: Gernot BÖHME & Gregor SCHIEMANN (Hg.), *Phänomenologie der Natur*, Frankfurt a.M. Suhrkamp Verlag
- Jens SOENTGEN (1997b): *Das Unscheinbare*, Berlin: Akademie Verlag
- Jens SOENTGEN (1998): *Splitter und Scherben – Essays zur Phänomenologie des Unscheinbaren*, Reutlingen/Zug: Die Graue Edition.
- Peter STRAWSON (1972): *Einzelding und logisches Subjekt*, Stuttgart: Reclam.
- Rolf TATJE (1990): Namensgebung in der Mineralogie, In: *Fachsprache*, 12. Jg., Heft 1 – 22, S. 28 – 35.
- Wobbe DE VOS (1985): Vernachlässigte Aspekte des Reaktionskonzeptes im Anfangsunterricht des Fachs Chemie. In: Mins MINSEN (Hg.): *Strukturbildende Prozesse bei chemischen Reaktionen und natürlichen Vorgängen*, Kiel: IPN, S. 42 ff.
- Johannes D. VAN DER WAALS (1927): *Lehrbuch der Thermochemie* (= 3. Auflage d. Lehrbuchs der Thermodynamik, / Bearbeiter: Philipp KOONSTAMM), Leipzig: J.A.Barth Verlag
- F. WALD (1896): Die Genesis der stöchiometrischen Grundgesetze II. In: *Z. phys. Chem.* 19, S. 607-624
- F. WALD (1902): Kritische Studie über die wichtigsten chemischen Grundbegriffe. In: *Annalen d. Naturphilosophie* (hg. Wilhelm OSTWALD), 1, S. 182-216

Anschrift des Verfassers: Prof. visitante Dr. Jens Soentgen, Universidade Federal de Goiás, Departamento de Filosofia, C.P. 131, 74001-970 Goiânia-GO, Brasilien, Fax: 0055 62 8211164, Tel: 0055-62-2124801, Email: jens@fchf.ufg.br